

Ⅲ. 4 公営住宅における外壁等の維持管理手法

Ⅲ. 4. 1 外壁の効率的な維持管理の考え方

1) はじめに

公営住宅における外壁等の維持管理を考えるにあたっては、主要構造部材料である鉄筋コンクリート（RC）部材・材料の長期使用に向けた適切な維持管理、又は建物の目標とする使用年数に応じた最適な維持管理が必要である。

ここでは、外壁の材料劣化の状況に応じた維持管理の考え方、及び外壁の修繕工法に関する技術解説を示す。

なお、鉄筋コンクリート部材・材料の長期使用にあたっては、

- ① 地震・常時荷重への耐力があること。
- ② 火災への耐力があること。
- ③ 材料劣化への抵抗性があること。
- ④ 使用したい年数に対して劣化対策が講じられていること。
- ⑤ 適切な保全計画（定期的な点検や補修・改修工事）がなされていること。

という各項目を満足することを前提とした上で、本検討では、特に③、④、⑤に着眼して、材料の耐久性の確保という点から維持管理計画の立案の考え方を整理する。

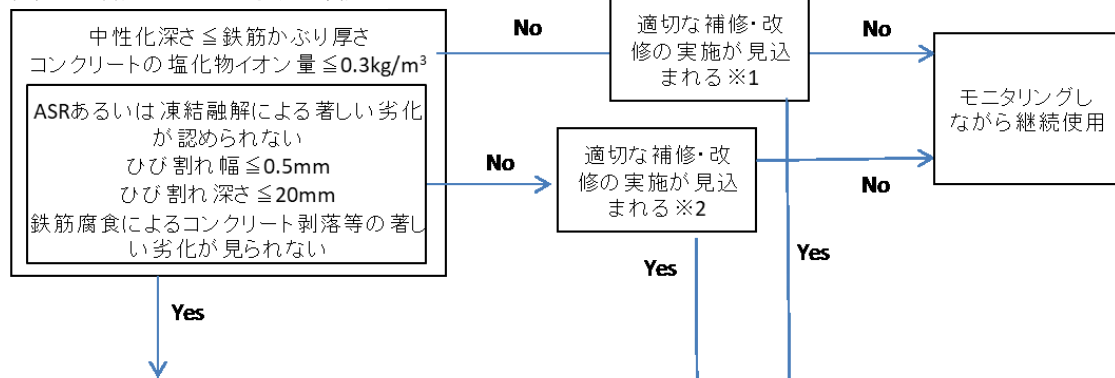
2) 主要構造部（RC）の耐久性の評価と維持管理の考え方

（1）長期使用の可能性を検討する方法の全体フロー図

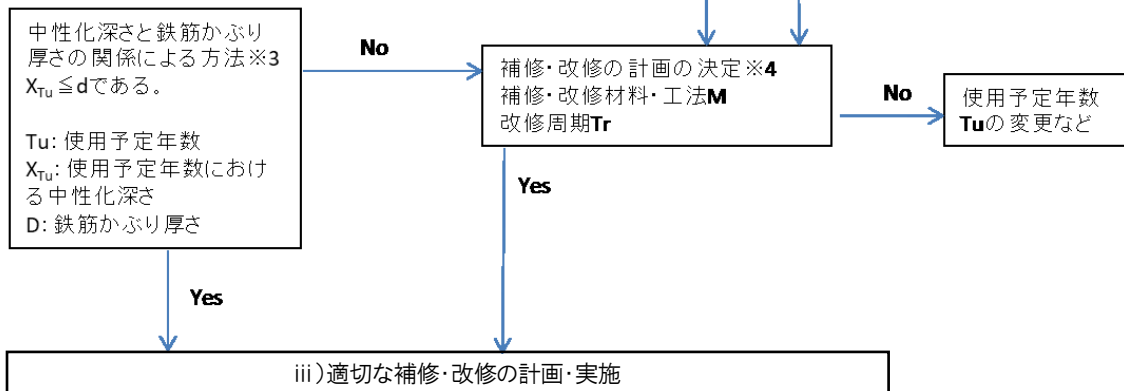
図Ⅲ.4.1 に RC 公営住宅の主要構造部の耐久性評価に向けた、材料劣化に係る確認項目及び対策に関する体系フローを示す。

特に材料の耐久性の確保という点からは、i) 現在の材料劣化に関わる事項、を確認し、条件が満たされれば、ii) 使用可能な期間の目安を算出・確認する。また、i) または ii) の条件が満たされなければ、iii) 適切な補修・改修を計画・実施を行うことになる。

i) 現在の材料劣化に関わる事項の確認



ii) 使用可能な期間の目安の算出・確認



- ※1 例えば、コンクリートの含水率が低く保たれている場合には鉄筋腐食の進行が遅くなるといった研究報告もあることから、適切な仕上げを施し、またひび割れや屋上などからの雨水の侵入などを防ぐ措置を行うなどが考えられる。
- ※2 本報告書 表Ⅲ. 4. 6 「外壁の補修工法に関する技術解説資料」および国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」を参照するとよい。
- ※3 算出方法は本項 (2) ii) を参照する。簡易的に確認する場合には表Ⅲ. 4. 1. 2 「中酸化深さと鉄筋かぶり厚さとの関係から算出する躯体使用年数の目安」などが参考とできる。
- ※4 補修・改修の効果の期間については、信頼できる資料や実験等を通じて確認し、適切な改修周期や点検・診断周期を設ける。

図Ⅲ.4.1 RC 造公営住宅の主要構造部の長期使用に向けた材料に係る確認項目及び対策に関する全体フロー図

(2) 鉄筋コンクリート材料における長期使用に向けた確認項目と補修・改修の対策

図Ⅲ.4.1 で示した、i) 現在の材料劣化に関わる事項の確認、ii) 使用可能な期間の目安の算出・確認、iii) 適切な補修・改修の計画・実施、を行う方法や考え方について、以下で具体的に解説する。

i) 現在の材料劣化に関わる事項の確認

まず、現在の材料劣化に関わる事項について確認をする。表Ⅲ.4.1 に、材料劣化に関する診断基準及び調査方法を示す。

表Ⅲ.4.1 現在の材料劣化に関する事項の診断基準及び調査方法

材料劣化に関わる事項と診断基準	調査方法	備考
中性化深さ $X \leq$ 鉄筋かぶり厚さ D ※2	コア採取による平均値を用いる※1。 サンプルの採取は各棟の最上階と最下階ならびに中間階とし、4層以上採取しない階が連続しないように箇所を選定し、各箇所3本とする。	否の場合でも、鉄筋腐食等が確認されない場合、適切な点検および補修・改修を施せば、使用可とする。
かぶりコンクリートの塩化物イオン量 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	上に同じ。	
鉄筋腐食によるかぶりコンクリートの錆汁や欠損等の劣化が見られない	目視	否の場合でも、部分的な劣化である場合、適切な補修・改修を施せば、使用可とする。
ASR あるいは凍結融解による著しい劣化が認められない	目視	
ひび割れ幅 $\leq 0.5\text{mm}$	クラックスケール等による。	
ひび割れ深さ $\leq 20\text{mm}$	簡易な道具による。	

※1 耐震診断におけるデータなど信頼できる資料がある場合にはそれを用いてもよい。

※2 鉄筋かぶり厚さは、測定値が望ましいが設計値でもよい。設計値が確認できない場合は基準法の値とする。

ii) 使用可能な期間の目安の算出・確認

表Ⅲ.4.1 に示す診断基準をすべて満たす場合（備考による対策が施される場合も含む）、使用が可能と考えられる期間の目安 T （年）の算出は、次の方法により行う。

（ア）使用可能な期間の目安（ T 年）の指標

コンクリートの中性化深さが鉄筋かぶり厚さに達するまでとする。つまり、使用予定年数 T_u での中性化深さ X_{T_u} （cm）と鉄筋かぶり厚さ d （cm）の関係は式1となる。

$$X_{T_u} \leq d \quad (\text{式Ⅲ.4.1})$$

また、長期使用期間の目安 T での X_T （cm）と鉄筋かぶり厚さ d （cm）の関係は式2となる。

$$X_T = d \quad (\text{式Ⅲ.4.2})$$

（イ） t 年度の中性化深さの算出方法

ここでは、 t 年後の中性化深さ $X_t = A\sqrt{t}$ として算出される方法を用いる。

A は中性化速度係数である。信頼できる資料等により中性化速度係数 A が定まれば、 t 年後の中性化深さが予測できる。

（ウ）中性化速度係数 A の算出方法

中性化速度係数 A の算出にあたっては、現時点あるいは過去における中性化深さを用いることで可能である。

中性化深さ測定時の竣工からの年数 t および中性化深さ x が既知であれば、 $A = x / \sqrt{t}$ により、 A を算出する。耐震改修診断の資料など信頼できるデータを用いることができる。

信頼できるデータがない場合には、サンプルの採取は各棟の最上階と最下階ならびに中間階とし、4層以上採取しない階が連続しないように箇所を選定し、各箇所3本とすることが望ましい。

(エ) 鉄筋かぶり厚さ d

耐震改修診断や詳細診断などによる信頼できるデータを用いることが望ましい。

上記のようにして、中性化深さと鉄筋かぶり厚さが算出されると、表Ⅲ.4.2 に示す方法により、中性化深さと鉄筋かぶり厚さとの関係から今後の使用可能な期間（年数）の目安を簡易的な確認することができる。

表Ⅲ.4.2 中性化深さと鉄筋かぶり厚さとの関係から算出する今後の使用可能年数の目安^{※1}

診断基準	使用可能年数の目安
$0.7 \times \text{鉄筋かぶり厚さ} < \text{中性化深さ}^{\text{※2}} \leq \text{鉄筋かぶり厚さ}$	10 年 + $\alpha^{\text{※3}}$
$0.5 \times \text{鉄筋かぶり厚さ} < \text{中性化深さ}^{\text{※2}} \leq 0.7 \times \text{鉄筋かぶり厚さ}$	40 年 + $\alpha^{\text{※3}}$
$\text{中性化深さ}^{\text{※2}} \leq 0.5 \times \text{鉄筋かぶり厚さ}$	70 年 + $\alpha^{\text{※3}}$

※1 耐震改修診断の受診が築後年数 30 年～40 年程度の建物を想定している。

※2 耐震改修診断受診時のデータを用いる

※3 $+\alpha$ とは、適切な仕上げ・防水の補修・改修により期待される躯体保護効果を示す。

なお、コンクリートの中性化深さが鉄筋かぶり厚さに到達していても、鉄筋の腐食を抑制することができれば、材料の長期使用が可能となることに注意が必要である。例えば、適切な仕上げを施し、またひび割れや屋上などからの雨水の侵入などを防ぐ措置を行うなどが挙げられる（ただし、研究開発段階であるため、年数を算出する場合には信頼できる研究結果や資料などを用いる必要がある）。

iii)適切な補修・改修の計画・実施

表Ⅲ.4.1 に示す診断基準を満たさない場合の補修・改修の対策・方針、及び補修・改修を計画しない場合の留意事項について、表Ⅲ.4.3 に示す。

表Ⅲ.4.3 診断基準を満たさない場合の補修・改修の対策・方針及び補修・改修を計画しない場合の留意事項

材料劣化に関わる事項と 診断基準	診断基準で否となった際の 補修・改修の対策・方針	診断で否となったが補修・改修の予定が ない場合、モニタリングを行う項目と使用 可否の判断
中性化深さ $X \leq$ 鉄筋かぶり 厚さ D	・屋外・雨がかり部位において は、有効な仕上げを施し※1、 使用過程において機能を継続 させること、使用過程でさび汁 が見られた場合には早急にそ の対策を施すこと、 ・屋内においては、使用過程でさ び汁が見られた場合には早急 にその対策を施すこと	・目視により鉄筋腐食によるかぶりコンク リートの錆汁や欠損等の劣化の確認がさ れない場合には、継続的に目視など によるモニタリングを行うことを条件に、使 用継続は可能と考えられる。
かぶりコンクリートの塩化物 イオン量 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	・防錆処置を施すこと	
鉄筋腐食によるかぶりコンク リートの錆汁や欠損等の劣 化が見られない	・「外壁の補修工法に関する技 術解説資料」を参照して補修・ 改修を行う。	・部位の全体で現象が確認される場合、 使用の継続は控える。 ・柱の傾斜 $> 6/1000$ 、沈下 $> 200\text{mm}$ と なった場合、構造的な知見からの専門 的な判断を実施するか、使用の継続は 控える。
ASR あるいは凍結融解によ る著しい劣化が認められな い		・現在の状況から変状が見られない期間 は使用可能と判断できる。 ・さび汁と欠損が建物の大部分で観察さ れる場合で、ひび割れ幅 $\geq 2\text{mm}$ 、柱の 傾斜 $> 6/1000$ 、沈下 $> 200\text{mm}$ と なった場合は、構造的な知見からの専門 的な判断を実施するか、使用の継続は 控える。
ひび割れ幅 $\leq 0.5\text{mm}$		
ひび割れ深さ $\leq 20\text{mm}$		

※1 外壁の屋外に面する部位にタイル張、モルタル塗、外断熱工法による仕上げその他これらと同等以上の性能を有する処理を施すこと。

(3) 躯体の使用可能年数の予測について

鉄筋コンクリートの耐久設計は、鉄筋の腐食確率が設定値に至るまでの期間を基としており、コンクリートの中性化が鉄筋部へ到達するまでの期間を基にしている。

このため、表Ⅲ.4.2 に示した、「中性化深さと鉄筋かぶり厚さとの関係から算出する今後の目標使用年数の目安」については、 $A\sqrt{t}$ 式を用いて理論的な検討を行った。

検討では、竣工からの年数およびその時点の中性化深さの数値を複数仮定し、それぞれの場合において、竣工から 70 年および 100 年時における中性化深さ x (mm) の予測を行った。また、検算として、住宅性能表示の劣化対策等級で示される値から得られる中性化速度係数と本検討での中性化速度係数を比較し、妥当性を確認した。

表Ⅲ.4.4 に、竣工からの年数が 30 年、35 年、40 年、50 年の各時点での中性化深さ x (mm) ごとの竣工から 70 年および 100 年の時点における中性化深さ x (mm) の予測結果を示す。

予測は、調査時の中性化深さ x (mm) の鉄筋かぶり厚さ D (mm) に対する比率ごとに、中性化深さ x (mm) の予測値の結果を示している。また、参考に中性化速度係数 A (mm/ $\sqrt{t}$) も併せて示す。

結果より、調査時が竣工から 35 年以降の場合、調査時の中性化深さ x : 0.7D 以下（鉄筋かぶり厚さ D に対して 0.7 以下）であれば、竣工から 70 年まで中性化深さは鉄筋位置にまで達さず、また、調査時の中性化深さ x : 0.5D 以下（鉄筋かぶり厚さ D に対して 0.5 以下）であれば、竣工から 100 年まで中性化深さは鉄筋位置にまで達しない結果となった。

以上の結果をもとに、中性化深さと鉄筋かぶり厚さとの関係から算出する今後の使用可能年数の目安について、表Ⅲ.4.2 のとおり設定した。

表Ⅲ.4.4 竣工からの年数が 30 年、35 年、40 年、50 年における中性化深さ x (mm) ごとの竣工から 70 年及び 100 年の時点における中性化深さ x (mm) の予測結果

① 竣工からの年数が 30 年の場合

調査時 30 年(竣工から)

調査時 x (mm)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	12	15	18	21	24	27	30
調査時 A (mm/ $\sqrt{t}$)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	2.19	2.74	3.29	3.83	4.38	4.93	5.48

x予測 (mm)	t:	70 年(竣工から)						
		0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		18.33	22.91	27.50	32.08	36.66	41.24	45.83

0.6Dより小さければ 竣工から70年まで使用可

0.6Dより小さければ、竣工から70年まで使用可

x予測 (mm)	t:	100 年(竣工から)						
		0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		21.91	27.39	32.86	38.34	43.82	49.30	54.77

0.5Dより小さければ 竣工から100年まで使用可

0.5Dより小さければ、竣工から100年まで使用可

表Ⅲ.4.4 竣工からの年数が30年、35年、40年、50年における中性化深さ x (mm) ごとの
竣工から70年及び100年の時点における中性化深さ x (mm) の予測結果 (つづき)

② 竣工からの年数が35年の場合

調査時 35年(竣工から)

調査時 x (mm)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	12	15	18	21	24	27	30
調査時A (mm $\sqrt{t}$)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	2.03	2.54	3.04	3.55	4.06	4.56	5.07

x予測 (mm)	t: 70年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		16.97	21.21	25.46	29.70	33.94	38.18	42.43
0.7Dより小さければ、竣工から70年まで使用可								

x予測 (mm)	t: 100年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		20.28	25.35	30.43	35.50	40.57	45.64	50.71
0.5Dより小さければ、竣工から100年まで使用可								

③ 竣工からの年数が40年の場合

調査時 40年(竣工から)

調査時 x (mm)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	12	15	18	21	24	27	30
調査時A (mm $\sqrt{t}$)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	1.90	2.37	2.85	3.32	3.79	4.27	4.74

x予測 (mm)	t: 70年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		15.87	19.84	23.81	27.78	31.75	35.72	39.69
0.7Dより小さければ、竣工から70年まで使用可								

x予測 (mm)	t: 100年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		18.97	23.72	28.46	33.20	37.95	42.69	47.43
0.6Dより小さければ、竣工から100年まで使用可								

表Ⅲ.4.4 竣工からの年数が30年、35年、40年、50年における中性化深さ x (mm) ごとの
竣工から70年及び100年の時点における中性化深さ x (mm) の予測結果(つづき)

④ 竣工からの年数が50年の場合

調査時 50年(竣工から)

調査時 x (mm)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	12	15	18	21	24	27	30
調査時A (mm $\sqrt{t}$)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
	1.70	2.12	2.55	2.97	3.39	3.82	4.24

x予測 (mm)	t: 70 年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		14.20	17.75	21.30	24.85	28.40	31.95	35.50
0.8Dより小さければ、竣工から70年まで使用可								

x予測 (mm)	t: 100 年(竣工から)	0.4D	0.5D	0.6D	0.7D	0.8D	0.9D	D
		16.97	21.21	25.46	29.70	33.94	38.18	42.43
0.7Dより小さければ、竣工から100年まで使用可								

3) 外壁の補修工法に関する技術解説

経年劣化した建物外壁を調査・診断して不具合箇所を特定した後は、補修・改修工事の計画を立てる必要がある。補修・改修工事は工法によってコストに差があるが、次回の改修工事までの期間が長くなるなどの効果も期待できるため、積極的に工法を選択することができれば公営住宅の長寿命化や維持管理計画がより実行しやすくなる。

このことを念頭に、自治体の公営住宅管理担当者等が外壁の劣化状態を確認しつつ、工事業者等と補修・改修工事の内容を打ち合わせることができるようにするために、「外壁の補修工法に関する技術解説資料」（以下「資料」という。）に補修工法の概要を示した。

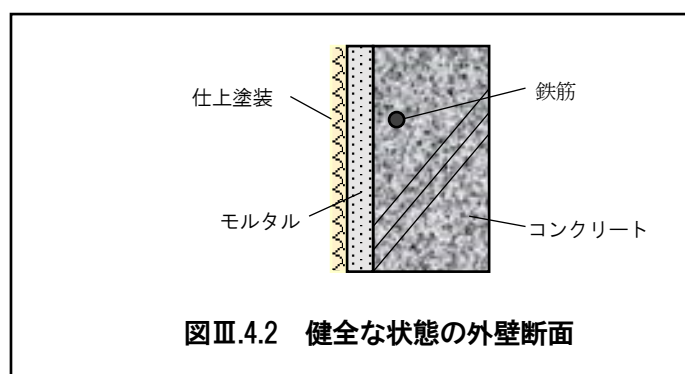
(1) 資料の概要

資料を表Ⅲ.4.6 に示す。また、資料に関係する技術的用語を表Ⅲ.4.5 に示している。

資料に示した工法は、「公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）平成 28 年版（国土交通省大臣官房官庁営繕部監修）」に基づいている。

資料は、建物居住者が居付き改修工事することを前提として、作業による注意・対策として騒音、振動、粉塵および臭気の多少を「△」および「▼」で示し、その原因となる主な作業項目を「□」で示した。同欄の仕上げ・その他は、補修痕に塗装などの処理が必要な場合を示している。また工事に対する効果について、次の改修工事までの期間が長くできるもの（費用対効果）として期待値を「○」で示した。備考欄には、その工法の適用範囲および注意点を示している。

なお、資料の説明図は鉄筋コンクリート造建物の外壁断面を表しており、建物外壁が健全な状態（図Ⅲ.4.2）から建物に生じる劣化をイメージ化して示した。



図Ⅲ.4.2 健全な状態の外壁断面

(2) 資料の使用方法

資料は、建築物の劣化状態を調査・診断した後の工事選定段階で自治体建物管理者に用いられることを想定しており、建築物の劣化程度の把握には「公営住宅等日常点検マニュアル（耐火・準耐火構造編）平成 28 年 8 月：国土交通省住宅局住宅総合整備課」を併用することを念頭においている。

建物外壁の状態は説明図のどの状態かについては、建築技術者・診断業者もしくは工事業者に確認するものとする。

表Ⅲ.4.5 外壁の補修工法に関する技術解説資料に関する用語

分類	用語	意味
建物部位 (ぶい)の 名称	部位(ぶい)	屋根、床、壁、天井など、建築物を構成する面状の要素、またはその位置をいう。
	部材(ぶざい)	構造物を構成する梁(はり)、柱、壁、筋交い(すじかい)などの要素のことをいう。
	上げ裏(あげうら)	下から見上げることでできる裏の部分を目指す語。軒先上げ裏といえば、軒裏の見え掛りの部分のこと。見上げ面ということもある。
	鼻先(はなさき)	庇やバルコニーなどの出っばっている部位の端部。
外壁補修 工事に 関係する 用語	けれん	床や壁のコンクリート面に付着しているコンクリートやモルタルのかすを取り除くこと。
	穿孔(せんこう)	電動ドリル(工具)等を使って穴をあけること。
外壁の劣 化に関係 する用語	ひび割れ	物体の可能な変形量を超えるときに生ずる部分的な割れ。荷重が作用したときや乾燥、収縮、膨張したときの内部応力による変形量、脱水や湿度変化による体積の変形量などが物体自身または拘束しているものの許容しえる変形量を超えるときに生じる。コンクリートなどにひび割れが生じると、耐力あるいは耐久性を低下させる。「亀裂」ともいう。
	脆弱化(ぜいじやくか)	もろく弱くなること。
	空隙(くうげき)	物と物との間のすきま。外壁の場合は仕上材料とコンクリートの間にできる隙間をさすことが多い。
	漏水(ろうすい)	水が漏れること。漏れた水。外壁では雨漏りや結露の水が屋内に浸入したときに使う。
外壁に用 いられる 材料	塗料	物体の表面の保護、外観の向上を目的として塗布して塗膜を形成するために用いる材料のこと。
	建築用仕上塗材	吹付け、ローラー塗り、こて塗などにより壁や天井の美装と保護を目的として使用する既調合の材料のこと。
	セメントモルタル	セメントに砂(細骨材という)を加えて水で練り混ぜたもの。あるいはそれが硬化したものを言い、単にモルタルという場合が多い。
	ラス	モルタルなどの塗壁(ぬりかべ)の下地に用いる金属製の網。
	セメントコンクリート	セメント、水、砂利(骨材という)を主な原料として、必要に応じて混和剤を加えて、適当な割合で練り混ぜたコンクリート、あるいはそれが硬化したものの。
	かぶり	鉄筋コンクリートまたは鉄骨鉄筋コンクリート構造のコンクリート表面から鉄材(鉄筋や鉄骨)までのコンクリートのこと。かぶりは耐火、鉄筋の防蝕・防錆のために必要なもの。
外壁の補 修工事に 用いる材 料	セメントフィラー	セメント製の充填材(じゅうてんざい)。細かい穴や、小さな凹凸、波のある素地(そじ)の表面に塗って面を平坦(へいたん)にする材料。セメントフィラーの素地は主にコンクリートやモルタルのこと。
	セメントスラリー	非常に軟らかいセメントと水の混合物で、微粉末が懸濁(けんたく=コロイド)している泥状の液のこと。
	ポリマーセメントモルタル	コンクリートを補修する際に用いる場合に、セメントモルタルにポリマー(有機系の高分子化合物)という材料を混ぜて、防水性や接着性、耐食性、弾性(伸縮性)などの目的とする性能を作り出したモルタルのこと。
	エポキシ樹脂モルタル	エポキシ樹脂と骨材(砂や寒水石など)、充填剤を主成分とする下地調整材。軽量タイプは骨材にガラスバールン、軽石、バーライトなどが用いられ、主に欠損部などの穴埋めに用いられる。耐火性は低い。
その他外 壁に関連 用語	見え掛り(みえがかり)	建築部材において露出して目に見える部分のこと。
	かぶり厚さ	鉄筋コンクリートの鉄筋表面からこれを覆うコンクリートの表面までの最短距離のこと。
	可とう性(かとうせい)	物体が力を受けたとき、材料の性質による変形あるいは湾曲しやすさのこと。
	既調合材料	あらかじめ工場などで結合材料、骨材、混和材料などが混合されたもの。

出典・引用図書: 建築学用語辞典第2版(日本建築学会編): 岩波書店、建築大辞典第2版: 彰国社

表Ⅲ.4.6 外壁の補修工法に関する技術解説資料

外壁の部材	劣化事象※1		モルタル・コンクリート部分		①主な作業項目					②作業時の注意・対策					③効果	備考
	分類	説明図 (外壁断面図)	モルタル部分の補修工事	コンクリート部分の補修工事	けれん	穿孔・カット・撤去・	シール・充填	注入	仕上げ・その他	騒音	振動	粉塵	臭気	費用対効果		
モルタル塗仕上げ	ひび割れ		シール工法	—	☐		☐								・幅0.2mm未満のひび割れに適用する ・応急的な補修工法で長期耐久性を期待する工法ではない ・補修跡が目立ち外装の美観は劣る	
		ポリマーセメントフィラー擦り込み工法※2	—	☐		☐								・後施工に塗装工事がある場合、軽微なひび割れの補修に適している ・長期耐久性を期待するものではないが短期の雨水浸入防止には有効である (標準仕様書※2)には記載されていないが民間で用いられている工法)		
			樹脂注入工法	コンクリート下地の補修工事にならう	☐		☐								・幅0.2mm以上～1.0mm未満のひび割れに適用可能	
			Uカットシール材充てん工法		☐	☐		☐	△		△	○	・幅1.0mm以上のひび割れに適用する ・騒音と粉塵は発生するが漏水等の補修効果は期待できる			
			モルタル塗り替え工法		☐	☐		☐	▼	▼	▼			・既存のモルタル塗仕上を撤去してコンクリート躯体の改修を行ってから再度モルタルを改修する ・モルタル撤去時に撤去物の落下防止、騒音・粉塵対策および安全対策が必要となる		
			ポリマーセメントモルタル充てん工法		☐	☐		☐	▼	▼	▼					
		浮き		モルタル塗り替え工法	—	☐				☐	▼	▼	▼			・脆弱化した既存モルタル層を撤去しモルタルを塗り替えに適用する ・面積が0.25㎡以上の場合に適用する
	エポキシ樹脂モルタル充てん工法			☐				☐	▼	▼	▼	△		・脆弱化した既存モルタル層を撤去してモルタルを塗り替えに適用する ・0.25㎡以上のバルコニーや庇の上げ裏(見上げ面)や鼻先などの、より接着力を求められる部位に適用する ・ポリマーセメントモルタルに比べて高価であるが接着力が期待できる ・耐火性が低いため、耐火性が求められる部位では軽微な補修のみに適用する		
	ポリマーセメントモルタル充てん工法			☐				☐	△	△	△			・脆弱化した既存モルタル層を撤去してモルタルを塗り替える(充填する) ・適用は面積が0.25㎡未満、モルタル層の厚さ30mm程度以下までとする		
	アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法			☐		☐		△		△		○	・モルタルおよびコンクリートが健全(脆弱化していない)な場合に適用する ・面積が0.25㎡未満の場合 ・モルタル撤去が無いため落下防止等の安全対策が少なくて済む			
	注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法			☐		☐		△		△		○				
	アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法			☐		☐		△		△			・モルタルおよびコンクリートが健全(脆弱化していない)で、面積が0.25㎡以上かつ浮き代が1.0mm未満の場合に適用する ・全面注入は寒冷地や漏水箇所の補修に適していて、耐久性を求められる部位に適用される			
	注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法			☐		☐		△		△						
	アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法			☐		☐		△		△			・モルタルおよびコンクリートが健全(脆弱化しておらず)で面積が0.25㎡以上かつ浮き代が1.0mm以上の場合適用する ・大きな空隙があり大量に充填材が必要な場合に適している。ただし、ポリマーセメントスラリーの流動性が高く、注入材は下方に溜まりやすいため均等に充填することが難しい			
	注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法			☐		☐		△		△						
	欠損 (100×100mm未満)					エポキシ樹脂モルタル充てん工法	—	☐	☐		☐	△		△		
		ポリマーセメントモルタル充てん工法	☐		☐			☐	△		△		・漏水を伴わない場合に適用する ・モルタル層のみの比較的浅い欠損の場合に適用し、最大仕上げ厚は30mm程度までとする			
	剥落 (100×100mm以上)		エポキシ樹脂モルタル充てん工法	—	☐	☐		☐	△	△	△	△		・漏水を伴う場合に適用する ・コンクリート劣化を含むもの(構造耐力に関連しない)に適用する ・面積が0.25㎡以上の場合はモルタル塗替え工法のほうが経済的である ・エポキシ樹脂モルタルは耐火性が低いため、耐火性が求められる部位では使用を控える		
	コンクリート下地	ひび割れ		—	シール工法	可とう性エポキシ樹脂	☐	☐		☐					・幅0.2mm未満のひび割れに適用する ・一時的な漏水防止処理に適用しており、長期の耐用年数は期待できない ・補修跡が目立ち、美観は劣る	
			バテ状エポキシ樹脂				☐		☐							
			樹脂注入工法		軟質形エポキシ樹脂	☐	☐	☐	☐					幅0.2mm以上～1.0mm以下のひび割れに適用する		
					硬質形エポキシ樹脂		☐	☐	☐							
		—	Uカットシール工法	シーリング材	☐	☐		☐	△		△		○	・幅1.0mmを超えるひび割れに適用する ・挙動するひび割れの場合は幅0.2mm以上～1.0mm以下にも適用する ・さび汁を伴うひび割れの場合は、周辺のコンクリートをはづり取り、鉄筋を補修してからエポキシ樹脂モルタル充てん工法を適用する		
				可とう性エポキシ樹脂	☐	☐		☐	△		△		○			
欠損 (100×100mm未満)		ポリマーセメントモルタル充てん工法		☐	☐		☐	△	△	△			・比較的速く漏水を伴わない場合に適用する ・1回の塗厚7mmとする			
エポキシ樹脂モルタル充てん工法		☐	☐		☐	▼	▼	▼	△		・漏水がある場合や鉄筋が露出している場合などに適用する ・比較的大きな欠損部に適用する ・剥落箇所が厚さ50mmを超える場合は金属溶接やラス等補強を入れる必要がある ・鉄筋の露出が見られる場合は鉄筋の防錆処理が必要となる					

①主な作業 空欄：作業がない □：作業がある ②作業時の注意・対策 空欄：影響がない △：やや影響がある ▼：影響がある
③費用対効果 空欄：普通 ○：やや効果がある

※ 1 公営住宅等日常点検マニュアル（耐火・準耐火構造編）平成28年8月；国土交通省住宅局住宅総合整備課監修、を参照のこと
※ 2 公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）平成28年版（国土交通省大臣官房官庁営繕部監修）；一般財団法人建築保全センター

Ⅲ. 4. 2 手すり付け根およびバルコニーの補修・改善工事

適切な改修時期をやや過ぎた公営集合住宅の外壁調査を行った際に、手すり付け根およびバルコニー等（外廊下や外階段の踊り場、庇なども該当する）に、立地地域に関係なく共通してひび割れや浮きなど、剥落（剥がれて落下する）の危険性がある劣化を多く確認した。外壁の剥落は建物の寿命だけではなく、器物の損壊や人命にも影響を及ぼすため、適切な修繕工事が必要である。一方で、地方自治体の建物管理担当者に対して、適切な修繕工事や工法に関する情報が不足している。本節では、これまで実施され実績があり、かつ有効であった修繕事例の情報を紹介する。

1) 手すり付け根およびバルコニーの経年により生じる不具合の発生について

1960年代後半から1990年代に建設された公営住宅（RC造・PC造）の外壁調査を実施した。いずれの建物も適切な改修工事時期を過ぎていたため劣化が進行しており、特に屋外に面する金属製手すり付け根やバルコニー等に、ひび割れや浮きといった不具合の発生を多数確認した。具体的には次のような部位に劣化現象が確認された。

- ① 不具合の発生とその箇所は立地地域に関係なく共通している。バルコニーや外廊下の金属製手すりの支柱付け根部分（写真Ⅲ.4.1）及び庇の鼻先（写真Ⅲ.4.2）のひび割れや欠損、バルコニー等の上げ裏天井（写真Ⅲ.4.3）にひび割れや浮き、あるいは一部に欠損が発生している。
- ② 調査した建設年代の建物の手すりは鋼材が多く、コンクリートの埋め込み箇所周辺の塗装の剥離した箇所には錆が確認される。
- ③ アルミニウム製の手すり付け根にはシーリング材（写真Ⅲ.4.4）が施工されているが、被着体からの剥がれやシーリング材にひび割れが生じている。



写真Ⅲ.4.1 (左・右) 鋼製手すり支柱の付け根のひび割れや欠損



写真Ⅲ.4.2 庇の鼻先のひび割れや欠損

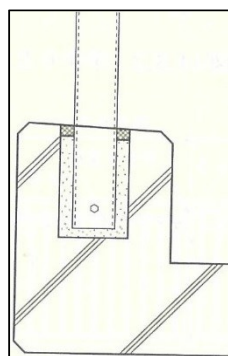
写真Ⅲ.4.3 バルコニー上げ裏天井のひび割れ・浮き



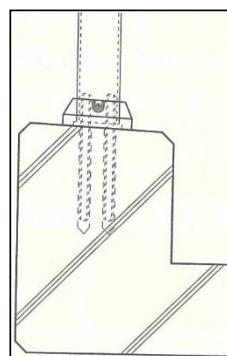
写真Ⅲ.4.4 アルミニウム製手すり支柱付け根のシーリング材の被着体からの剥がれ

2) 手すり付け根の不具合発生に関する考察

手すりの取付けの工法は、建築工事監理指針^{文献1)}より引用すると図Ⅲ.4.3 に示す2種類ある。本研究で調査した建設年代の公営住宅の手すりはほとんどが[スリーブ抜き]工法であり、支柱の鉄鋼材がコンクリートに直接埋め込まれている仕様であった。



[スリーブ抜き]

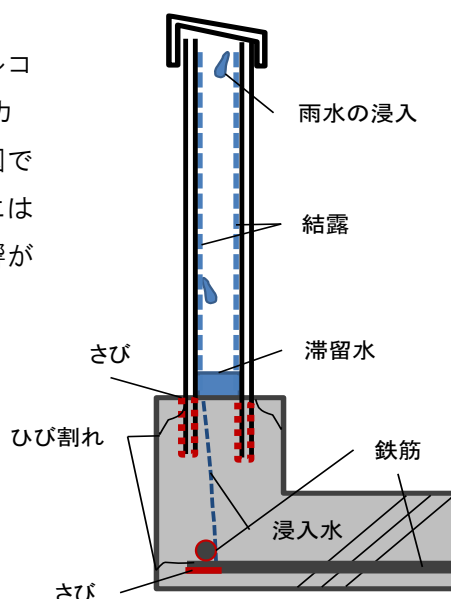


[あと施工アンカー]

図Ⅲ.4.3 手すりの取付け工法（文献1）より参考転載）

文献1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修、「建築工事監理指針(下巻)平成28年版」、一般財団法人建築保全センター

この工法では、手すり付け根及びバルコニー見つけ面と鼻先の不具合発生のメカニズムの一例として、図Ⅲ.4.4 に概略図で示したようなことが考えられ、具体的には次の(1)、(2)の水の浸入による影響が考えられる。



図Ⅲ.4.4 手すり付け根等の不具合発生のメカニズムの考察（概略）

（１）金属手すり内部の滞留水によるコンクリート内部への水の浸入

- ・結露水：金属製の手すりは熱伝導率が高く、外気温との温度差により中空の手すり内部の金属表面には結露が付着し、水滴が大きくなると流下して下部に滞留し、排水されないため周辺の金属が長期間水に接触していることが考えられる。
- ・雨水の浸入：手すりの取付け部や金属の継ぎ目等から雨水が浸入し、結露と同様に手すり内部に滞留することが考えられる。

（２）手すり取付け部周辺のコンクリート等のひび割れからの水の浸入

- ・金属製手すり付け根周辺のコンクリートには、材料の伸縮挙動の違いからひび割れが入りやすい。このひび割れ部分からコンクリート内部に雨水が浸入することが考えられる。

以上のような経路でコンクリート内部へ水が浸入し、金属製手すりの埋め込み部や鉄筋が水や酸素等と反応し錆が生じると考えられる。このため適切な時期に修繕等対策を行わなかった場合には金属部分の錆が膨張し、さらにひび割れ幅が大きくなることでコンクリートの浮きや欠損につながるものと考えられる。

補修・改善を行う場合には不具合の発生原因をふまえ適切に滞留水を排水し、水に長期間ふれない仕様にすることや、コンクリートにひび割れを入らないよう修繕し水の浸入を防ぐ処置が重要となる。

３）手すり付け根およびバルコニーの補修・改善工事の施工事例

RC 造及び PC 構造の経年した公営住宅の中で、共通して深刻な劣化が確認された手すり付け根とその周辺、及びバルコニーの補修・改善工事（改善工事とは劣化部位の補修だけでなく、劣化原因にも対処した工事をイメージしている。）に関する施工事例を示す。

（１）施工事例の情報収集方法

手すり付け根ならびにバルコニーの補修・改善工事の施工方法の事例は、改修工事を手がけてきた施工業者から提供を受けた実績のある事例である。

本施工事例は、本検討のため組織した改修外壁・屋根防水の耐久性検討委員会＜外壁部門＞の委員（本節末頁名簿を参照）に協力を仰ぎ、外壁改修工事に長く携わる工事業者等に対して、国総研が作成した調査表を配布して依頼し、手すり付け根およびバルコニーの劣化状態に対応する修繕工法として、実建物で適用し実績のある施工事例の情報を提供いただいたものである。

（２）手すり付け根の補修・改善工事事例

建築物の手すりおよび手すり付け根の劣化状態に合わせて修繕工事で適用されている事例を表Ⅲ.4.7 に示している。

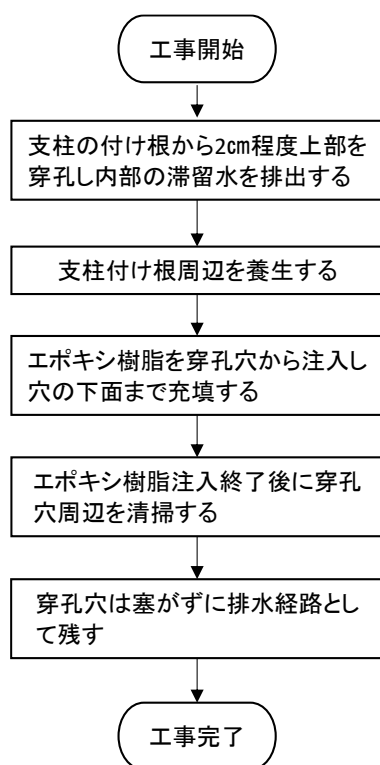
事例の工事区分は、通常行う「修繕」工事と、より長寿命化を目指した「改善」工事の区分で示している。

表Ⅲ.4.7 手すり及び手すり付け根の施工事例の資料番号

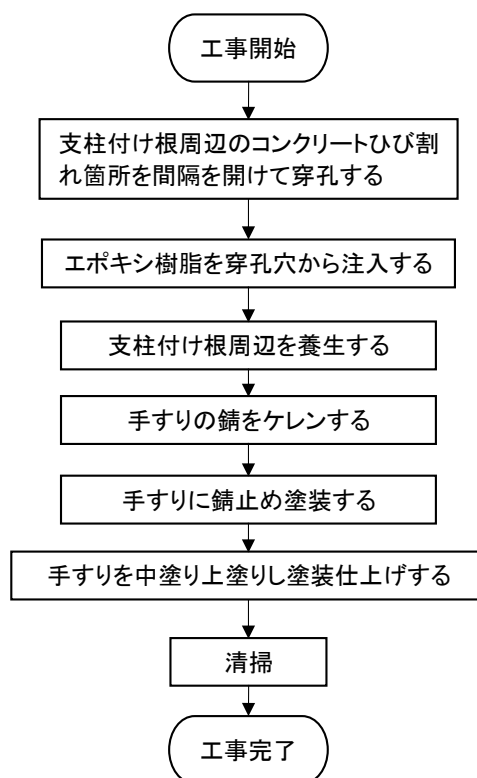
資料No.	工事分類	施工概要
1	予防的修繕	手すり支柱内の水抜き経路の確保及び防水処置
2	予防的修繕	手すり塗装の塗り替え及びひび割れ箇所の樹脂注入
3	修繕	手すり付け根コンクリートの鉄筋防錆処置を含む修繕
4	修繕	手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕（資料No.5、No.6とも関連する）
5	修繕	手すり支柱と金物の補強工事
6	修繕	手すり金物の修繕工事
7	修繕	手すり支柱と手すり付け根の修繕工事
8	改善	バルコニー手すり壁天端防水改良工事の概要

i) 手すりおよび手すり付け根の修繕工事の施工事例とフロー

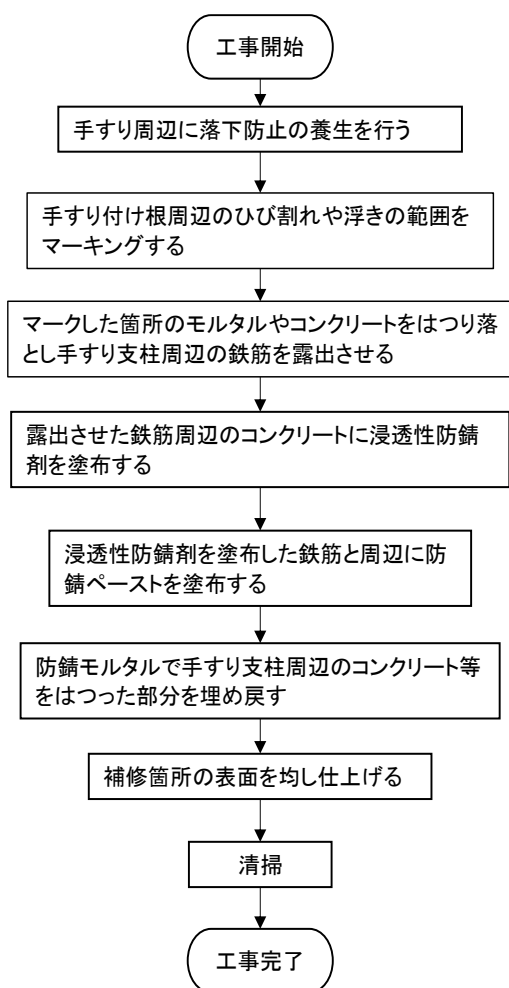
資料No.1～資料No.7の修繕工事事例に該当する簡略化した施工フローを図Ⅲ.4.5～図Ⅲ.4.8に示す。



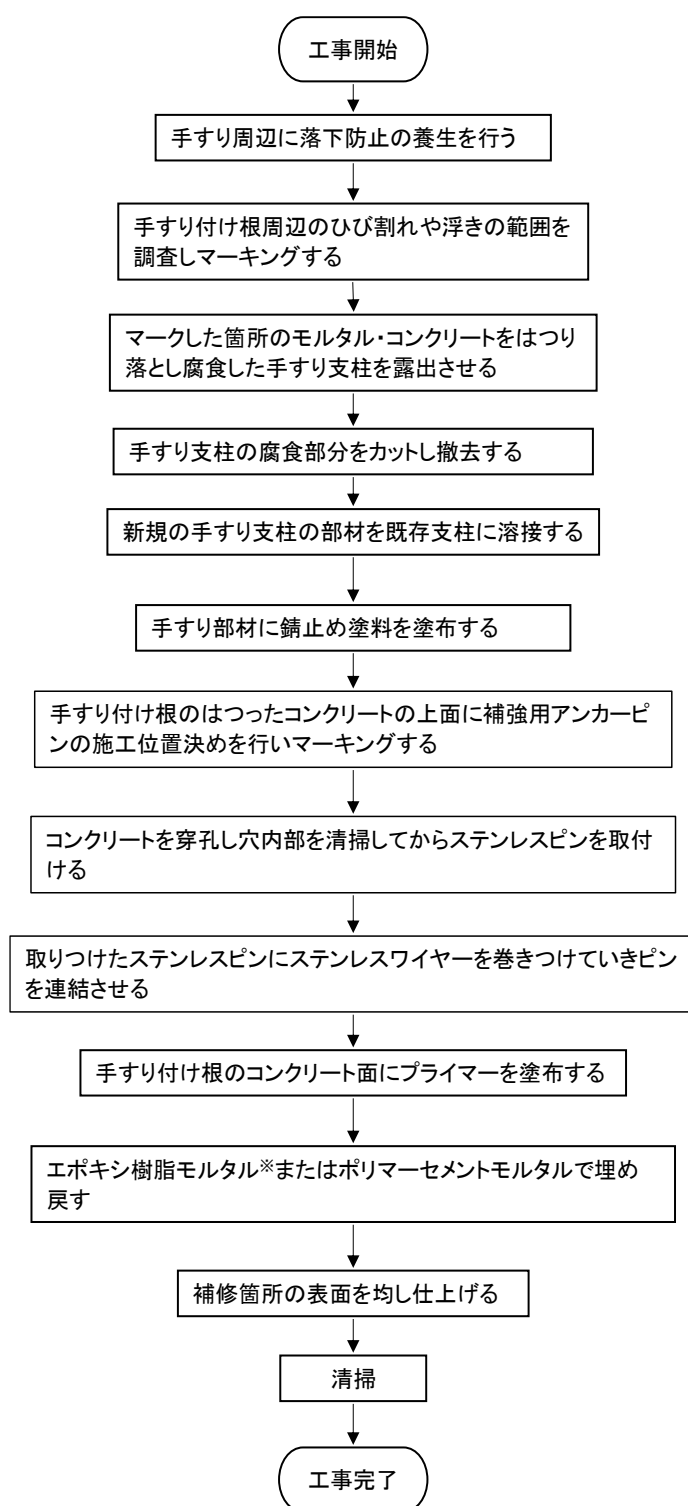
図Ⅲ.4.5 予防的修繕（資料No.1）の施工フロー



図Ⅲ.4.6 予防的修繕（資料No.2）の施工フロー



図Ⅲ.4.7 修繕工事（資料No.3）の
施工フロー



図Ⅲ.4.8 修繕工事（資料No.4～7）の
施工フロー

(ii) 画像付き工事手順の例

画像（写真）付きの工事手順の例を表Ⅲ.4.8～表Ⅲ.4.12 に示す。

表Ⅲ.4.8 手すり支柱内の水抜き経路の確保及び防止処理の工事手順（資料No.1）

	手すり支柱穿孔
	手すり支柱内に溜まった雨水や結露水の排水
	穿孔した穴下までエポキシ樹脂を注入
	穴は排水経路として残す

表Ⅲ.4.9 手すり塗装の塗り替え及びひび割れ箇所の樹脂注入の工事手順（資料No.2）

	注入状況
	手すり付け根に発生したひび割れ上を穿孔し、エポキシ樹脂を注入した
	注入状況
	樹脂注入完了
	注入状況

表Ⅲ.4.9 手すり塗装の塗り替え及びひび割れ箇所の樹脂注入の工事手順（資料No.2）（つづき）

	鉄製手すりの塗装塗り替え
	既存塗膜をけれんして除去する
	錆止め塗装(下塗り)

表Ⅲ.4.9 手すり塗装の塗り替え及びひび割れ箇所の樹脂注入の工事手順（資料No.2）（つづき）

		錆止め塗装下塗 完了
		塗装中塗り
		塗装上塗り 完了

表Ⅲ.4.10 手すり付け根コンクリートの鉄筋防錆処置を含む修繕の工事手順（資料No.3）

	No. <u>1</u> 手すり根元補修 施工前
	No. <u>2</u> 手すり根元補修 研り
	No. <u>3</u> 手すり根元補修 浸透性防錆剤の塗布

表Ⅲ.4.10 手すり付け根コンクリートの鉄筋防錆処置を含む修繕の工事手順（資料No.3）（つづき）



No. 4

手すり根元補修

防錆ペースト塗布

.....

.....

.....

.....

.....



No. 5

手すり根元補修

埋め戻し

.....

.....

.....

.....

.....



No. 6

手すり根元補修

完了

.....

.....

.....

.....

.....

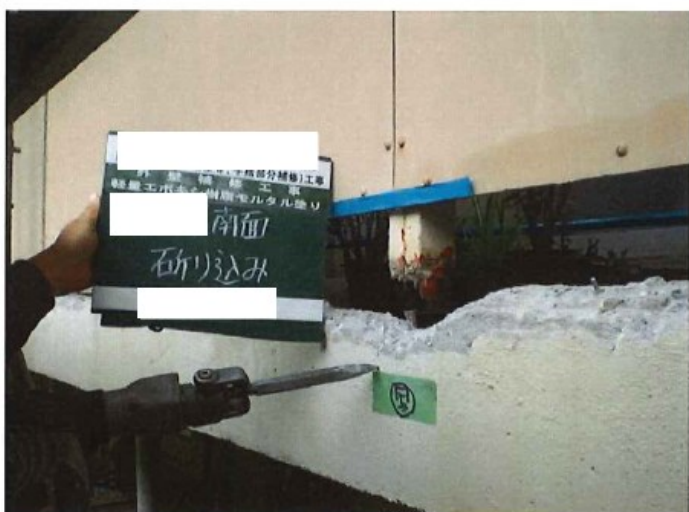
表Ⅲ.4.11 手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕の工事手順（資料No.4）



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 調査



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 施工前



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 研り込み

表Ⅲ.4.11 手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕の工事手順（資料No.4）（つづき）



工種： 外壁補修工事
場所： 南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 計測



工種： 外壁補修工事
場所： 南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 補強ピンマーキング

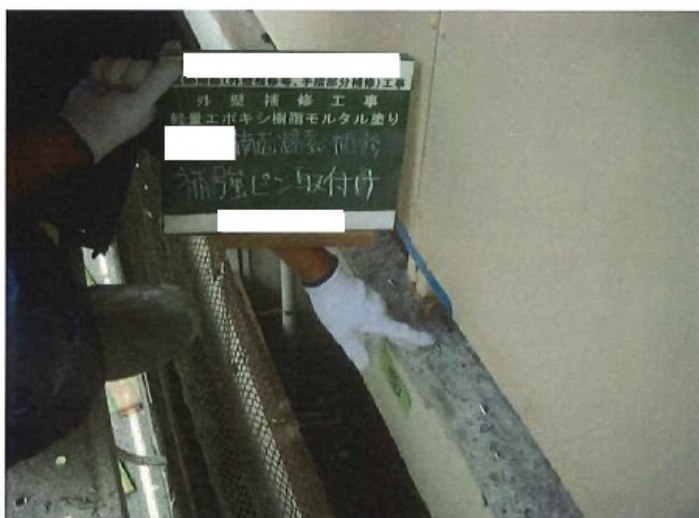


工種： 外壁補修工事
場所： 南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 削孔

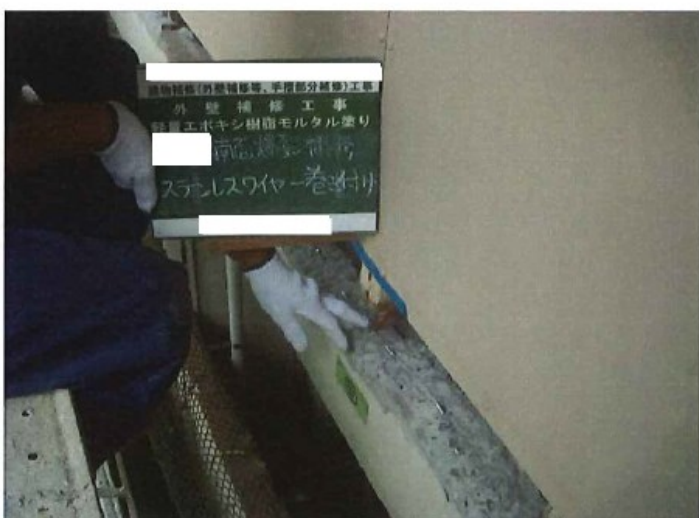
表Ⅲ.4.11 手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕の工事手順（資料No.4）（つづき）



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 孔清掃



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 ステンレスピン取付



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 ステンワイヤー巻付

表Ⅲ.4.11 手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕の工事手順（資料No.4）（つづき）



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 プライマー500P 塗布



工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 樹脂モル中塗り

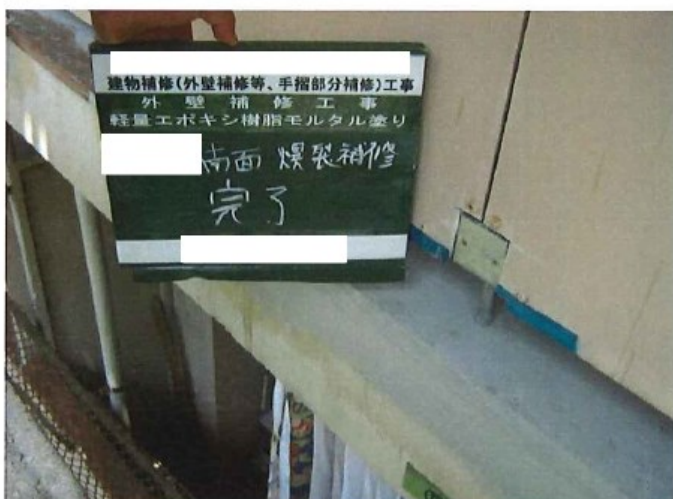


工種：外壁補修工事
場所：南面
内容： 軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 樹脂モル上塗り

表Ⅲ.4.11 手すり付け根コンクリートの補強処置を含む修繕の工事手順（資料No.4）（つづき）

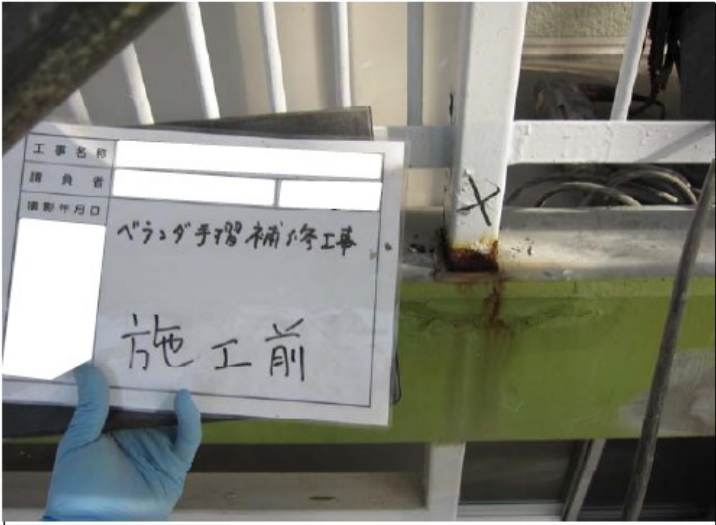
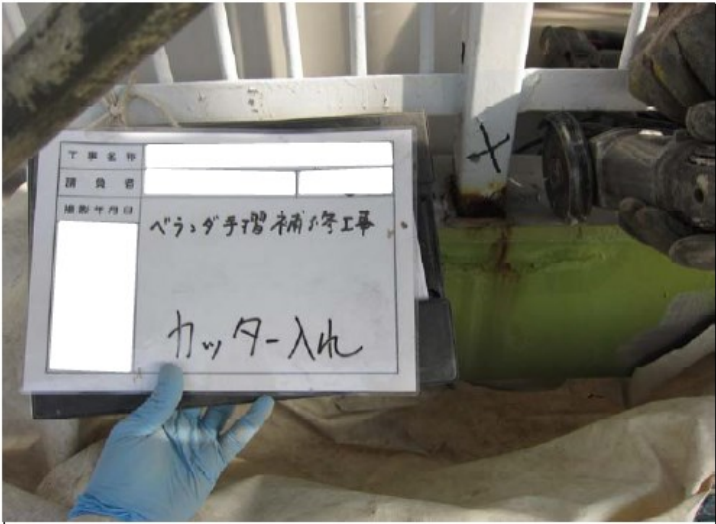


工種：	外壁補修工事
場所：	南面
内容：	軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 コテ仕上げ



工種：	外壁補修工事
場所：	南面
内容：	軽量エポキシ樹脂モルタル 補修 完了

表Ⅲ.4.12 手すり支柱と手すり付け根の補修の工事手順（資料No.7）

	No. <u>1</u> <u>手摺根元補修</u> 施工前
	No. <u>2</u> <u>手摺根元補修</u> カッター入れ
	No. <u>3</u> <u>手摺根元補修</u> 斫り

表Ⅲ.4.12 手すり支柱と手すり付け根の補修の工事手順（資料No.7）（つづき）

	No. 4
<u>手摺根元補修</u>	
研り完了	
..... 	
	No. 5
<u>手摺根元補修</u>	
支柱腐食部撤去	
..... 	
	No. 6
<u>手摺根元補修</u>	
支柱腐食部撤去	
..... 	

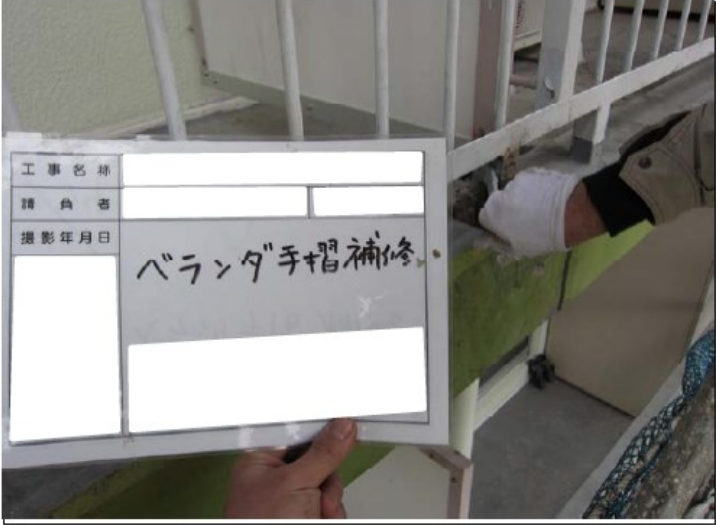
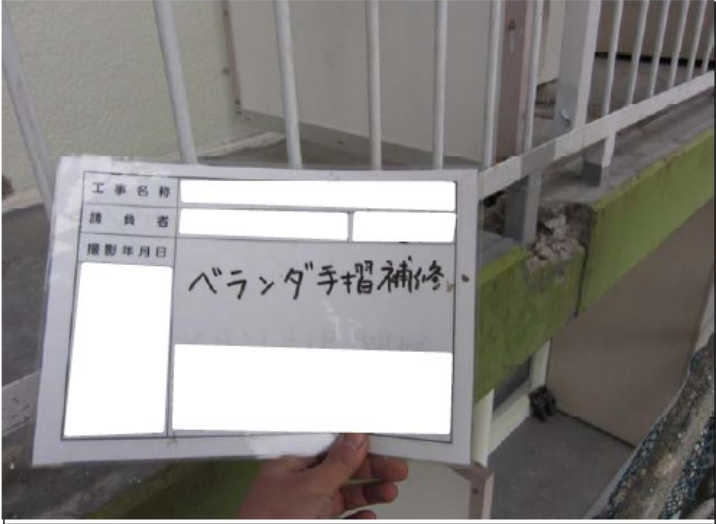
表Ⅲ.4.12 手すり支柱と手すり付け根の補修の工事手順（資料No.7）（つづき）

	No. 7
	<u>手すり根元補修</u>
	新規部材溶接

	No. 8
	<u>手すり根元補修</u>
	溶接完了

	No. 9
	<u>手すり根元補修</u>
	仕上げ

表Ⅲ.4.12 手すり支柱と手すり付け根の補修の工事手順（資料No.7）（つづき）

	No. 10
	<u>手摺根元補修</u>
	錆止め
	No. 11
	<u>手摺根元補修</u>
	錆止め完了
	No. 12
	<u>手摺根元補修</u>
	補修完了

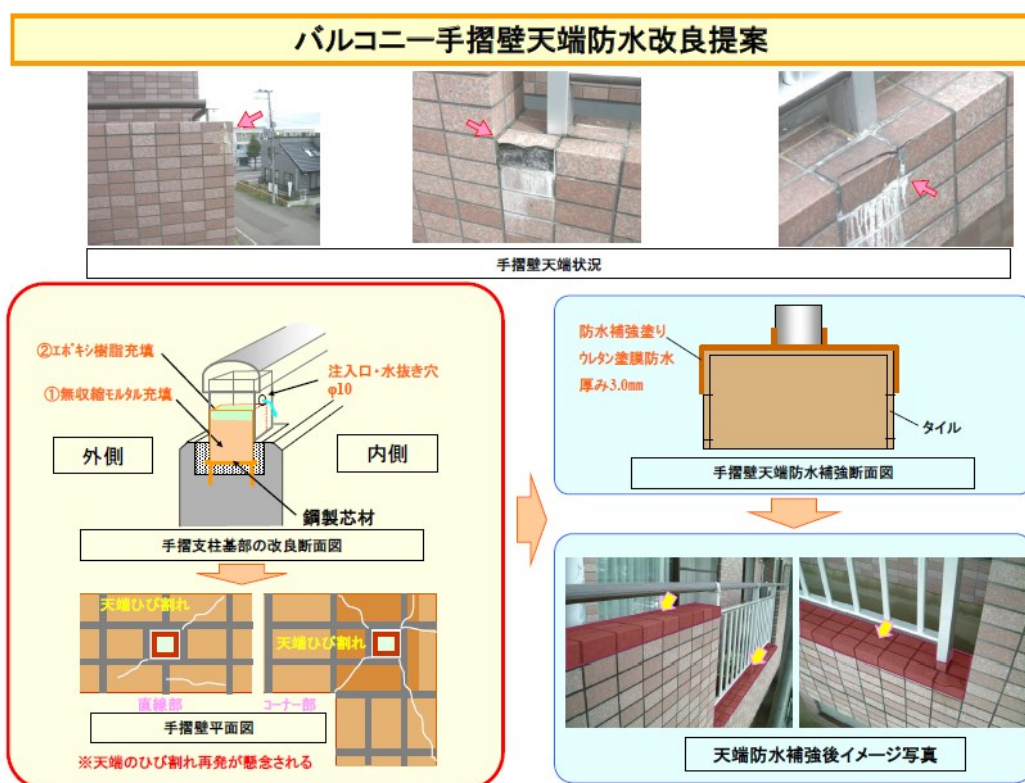
iii) バルコニー手すり天端の防水改良工事に関する提案事例

収集した事例のうち、バルコニー手すり天端の防水改良工事に関する提案事例について紹介する。

写真Ⅲ.4.5 は建築後 10 年の集合住宅において、バルコニー手すり天端タイルの手すり支柱部が凍害により破損した事例である。これに対して、図Ⅲ.4.9 に示すような、バルコニー手すり天端の防水改良工事が提案されている。



写真Ⅲ.4.5 バルコニー手すり天端タイルの手すり支柱部の凍害破損（建築後 10 年）



出典：提案事業者からの提供資料

図Ⅲ.4.9 バルコニー手すり天端の防水改良工事の提案

(3) バルコニー上げ裏天井の修繕工事の事例

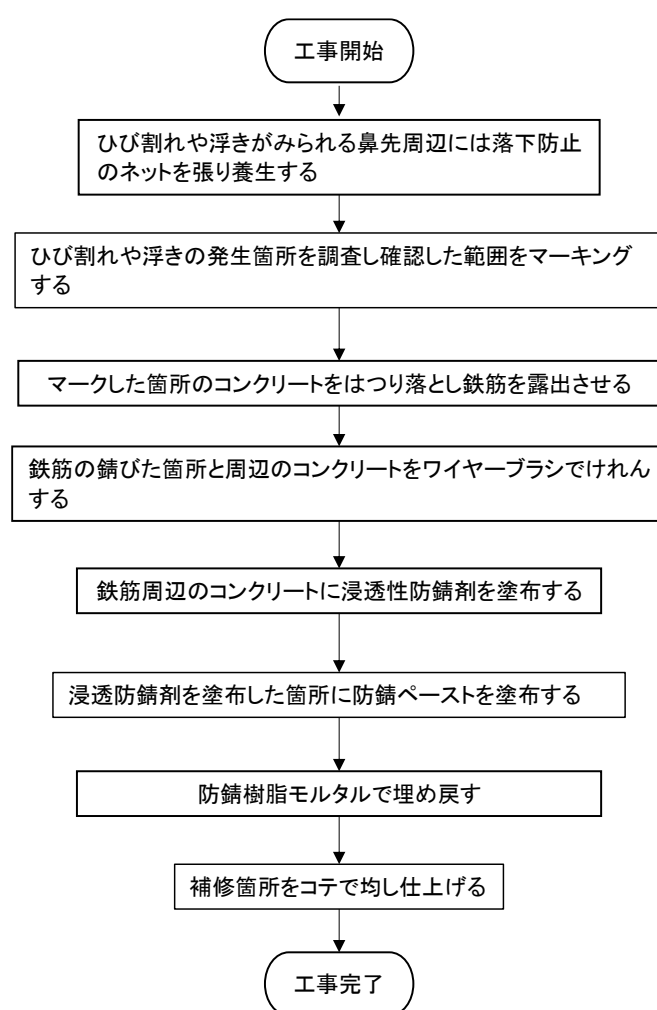
集合住宅のバルコニーの上げ裏天井の修繕工事で適用された修繕工事の事例を表Ⅲ.4.13に示している。

表Ⅲ.4.13 バルコニー上げ裏天井の修繕工事事例

資料 No.	工事分類	工事概要
9	修繕	バルコニー上げ裏天井の修繕工事

(i) バルコニー修繕工事の施工フロー

資料No.9 の修繕工事の施工フローを図Ⅲ.4.10 に示す。



図Ⅲ.4.10 バルコニー上げ裏天井の補修工事（資料No.9）の施工フロー

(ii) 画像付き工事手順の例

資料No.9 の修繕工事の画像（写真）付きの工事手順を表Ⅲ.4.14 に示す。

表Ⅲ.4.14 バルコニー上げ裏天井の補修工事手順（資料No.9）

	No. <u>1</u> 手摺根元補修 施工前
	No. <u>2</u> 手摺根元補修 斫り
	No. <u>3</u> 手摺根元補修 浸透性防錆剤の塗布

表Ⅲ.4.14 バルコニー上げ裏天井の補修工事手順（資料No.9）（つづき）

	No. 4 <u>手摺根元補修</u> 防錆ペースト塗布
	No. 5 <u>手摺根元補修</u> 埋め戻し
	No. 6 <u>手摺根元補修</u> 完了

委員名簿

本研究を実施する上で、下記のメンバーで構成される「改修外壁・屋根防水の耐久性検討委員会」を設置した。

委員名簿（敬称略。役職は当時）は次のとおりである。

<外壁>

○委員

本橋 健司	芝浦工業大学 教授	
今本 啓一	東京理科大学 教授	
長谷川拓哉	北海道大学 准教授	(H27 年度まで)
宮内 博之	建築研究所 主任研究員	
谷口 円	地方独立行政法人北海道立総合研究機構研究主幹	(H28 年度から)
松原 道彦	(一社) 日本建設業連合会	(H28 年度から)
福岡 高征	日本建築仕上材工業会	
伊藤 彰彦	日本シーリング材工業会	
田村 昌隆	(一社) 日本塗料工業会	
渡部 秀晴	日本樹脂施工協同組合	(H28 年度まで)
片山 方人	日本樹脂施工協同組合	(H29 年度から)
天田 裕之	全国ビルリフォーム工事業協同組合	

○幹事

鹿毛 忠継	国土技術政策総合研究所
古賀 純子	国土技術政策総合研究所
土屋 直子	国土技術政策総合研究所
藤本 秀一	国土技術政策総合研究所
根本かおり	国土技術政策総合研究所

<屋根防水>

○委員

田中 享二	東京工業大学 名誉教授	
輿石 直幸	早稲田大学 教授	
宮内 博之	建築研究所主任研究員	
谷口 円	地方独立行政法人北海道立総合研究機構研究主幹	(H28 年度から)
	(一社) 日本建設業連合会	
熊野 康子		(H28 年度から)
中沢 裕二	(一社) 日本防水材料連合会	(H28 年度まで)
島村 浩行	(一社) 日本防水材料連合会	(H28 年度から)
北清 敏之	(一社) 日本防水材料連合会	
中村 修治	(一社) 日本防水材料連合会	
鈴木 博	(一社) 日本防水材料連合会	
長谷川 清勝	(一社) 日本防水材料連合会	

オブザーバー
小関 晋平

(一社) 日本防水材料連合会

○幹事

鹿毛 忠継
古賀 純子
土屋 直子
藤本 秀一
根本かおり

国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所
国土技術政策総合研究所